



(10) **DE 10 2011 081 893 B3** 2012.11.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 081 893.6**
(22) Anmeldetag: **31.08.2011**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.11.2012**

(51) Int Cl.: **H01H 33/38 (2011.01)**
H01H 3/28 (2012.01)
H01H 71/24 (2012.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

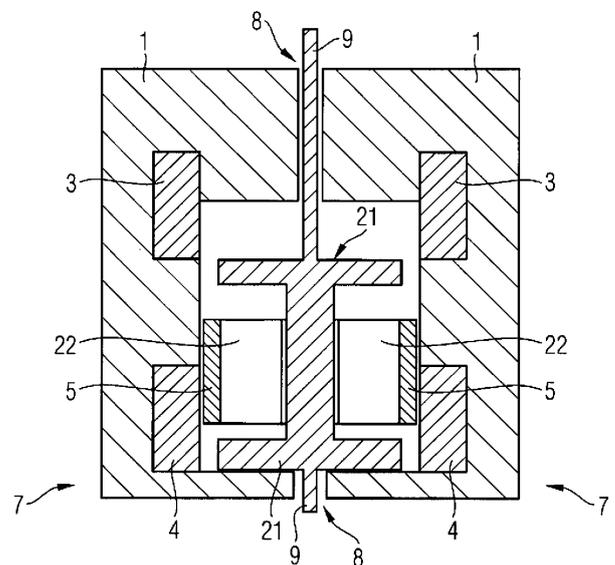
(72) Erfinder:
Bachmaier, Georg, 80469, München, DE;
Gödecke, Andreas, 81677, München, DE; Höge,
Michael, 85622, Feldkirchen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 101 46 899 A1
DE 102 38 950 A1
DE 10 2010 041 728 A1

(54) Bezeichnung: **Magnetischer Aktor und Verfahren zu dessen Betrieb**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Magnetaktor (7) zur Erzeugung einer linearen Bewegung beschrieben, bestehend aus einem hohlzylinderförmigen, geschlossenen Gehäuse, welches ein Joch (1) darstellt, mit jeweils einem stirnseitigen zentralen Durchgang (8) und einem zweigeteilten Anker mit einem äußeren und einem inneren Anker (21, 22), wobei der äußere Anker (21) einstückig mit einer zentralen Hubstange (9), die stirnseitig am Gehäuse jeweils in dem Durchgang (8) geführt ist, ausgebildet ist, und der innere Anker (22), der den äußeren Anker (21) ringförmig in einem Bereich des Gehäuses umschließt, einen inneren Querschnitt aufweist, so dass der innere Anker (22) axial relativ zum äußeren Anker (21) zwischen Anschlägen bewegbar ist, und die Anschläge zur Bestimmung jeweils einer stabilen Lage zwischen äußerem Anker (21) und dem Joch (1) dienen, und Permanentmagnete (5) auf dem äußeren Umfang des inneren Ankers (22) angeordnet sind, sowie obere und untere Aktorspulen (3, 4) zur jeweiligen Erzeugung eines Magnetfeldes zur Bewegung des Ankers in eine bestimmte Richtung, und die Hubstange (9) einseitig mit einer zu schaltenden Anlage verbunden ist, zur Positionierung in einer jeweils bistabilen Lage im Gehäuse des Magnetaktors (7), beispielsweise einer Mittelspannungs-Schaltanlage.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen magnetischen Aktor zum elektromagnetischen Antrieb zur Schaltung von Mittelspannungs-Schaltanlagen. Weiterhin wird ein Verfahren zum Betrieb des Magnetaktors angegeben.

[0002] Für sogenannte Mittelspannungs-Schaltanlagen werden bistabile elektromagnetische Linearaktoren zum Ein- und Ausschalten betrieben. Diese weisen gegenüber älteren Technologien, die beispielsweise mit Federspeichersystemen ausgestattet sind, eine überlegene Dynamik auf. Dies, obwohl sie aus wenigen, beweglichen Teilen aufgebaut sind.

[0003] Ein Nachteil der Magnetaktoren besteht jedoch darin, dass für deren Betätigung erhebliche elektrische Leistungen benötigt werden. Dies bedeutet eine große Auslegung der Leistungselektronik, was hohe Kosten verursacht. Weiterhin kann die notwendige Leistung im Normalfall nicht direkt aus einem vorhandenen Versorgungsnetz entnommen werden. Dies bedeutet, dass die Verwendung von großen Speicherkapazitäten wie Kondensatoren notwendig ist. Dadurch wird jedoch die Lebensdauer eingeschränkt und es werden zusätzliche Kosten aufgeworfen.

[0004] Bisher sind bistabile elektromagnetische Linearaktoren auf Permanentmagnet-Basis mit einem monolithisch aufgebauten Anker eingesetzt worden. Ein danach aufgebauter Magnetaktor ist beispielhaft in der [Fig. 1](#) dargestellt. Permanentmagnete dienen dazu, einen dauerhaften, magnetischen Fluss zu erzeugen, so dass die Permanentmagnete für die Aufbringung einer Haltekraft in einer stabilen Halteposition sorgen. Sie sind am Umfang des Aktors aufgebracht.

[0005] Permanentmagnete sollen den Anker in den Endstellungen in einer stabilen, arretierten Position halten. Diese stabilen Positionen sind notwendig, um den eigentlichen Mittelspannungs-Schalter in geschlossener bzw. in geöffneter Stellung zu halten, insbesondere ohne eine ständige äußere Bestromung der Aktorspulen. Dabei wird ein zu schaltender Schalter über vorhandene Stangen am Aktor befestigt. Allgemein wird ein Schalter einer Mittelspannungs-Schaltanlage durch geeignete Kraftübertragungseinrichtungen mit dem Magnetaktor verbunden. Zum Schalten des Aktors in beide Richtungen werden jeweils eine obere und eine untere Aktorspule im Wechsel bestromt. Dazu muss in der jeweilig gegenüberliegenden Halteposition die Haltekraft aufgebrochen werden.

[0006] Ein Magnetaktor, der mit oberen und unteren Aktorspulen ausgestattet ist, kann zunächst bistabil in einer jeweiligen Endstellung gehalten werden.

Zur Bewegung werden die obere bzw. die untere Aktorspule derart bestromt, dass sie ein magnetisches Feld erzeugen, welches die Wirkung des permanent magnetischen Feldes negiert. Die jeweils entgegengesetzte Spule wird danach bestromt, um so eine anziehende Kraft in die jeweilige Richtung zu erzeugen.

[0007] Zum Schalten des Ankers von der oberen in die untere Halteposition bzw. umgekehrt ist ein Aufbrechen der Kräfte notwendig, die jeweils auf den Anker wirken. Hierzu werden die obere bzw. die untere Aktorspule bestromt, um ein solches magnetisches Feld zu erzeugen, dass die Wirkung des permanent magnetischen Feldes negiert. Da die notwendige Leistung im Normalfall nicht direkt aus einem vorhandenen Netz entnommen werden kann, sind als Speicherkapazitäten große Kondensatoren eingebaut worden. Weiterhin wurden die Halbleiterbausteine in der Leistungselektronik auf die notwendigen Leistungsbereiche eingestellt.

[0008] Eine Druckschrift DE 10 2010 041 728 beschäftigt sich mit einer Vorrichtung zur Akutierung wenigstens eines Schalters und umfasst einen Magnetaktor und einen mechanischen Energiespeicher.

[0009] Eine Druckschrift DE 102 38 950 beschäftigt sich mit einem Vakuumschaltgerät, das sich aus einer Vakuumschaltkammer und einem Antrieb zusammensetzt.

[0010] Eine Druckschrift DE 101 46 899 beschreibt einen bistabilen elektromagnetischen Aktor, insbesondere ein Antrieb für eine Vakuumschaltkammer, der mit einem Joch, mit wenigstens einem Permanentmagneten, mit wenigstens einer Spule, mit wenigstens einem bewegbaren Anker ausgebildet ist, sodass ein magnetischer erster Fluss durch den Anker und das Joch erzeugt wird, sodass der Anker in einer Stellung festgehalten wird, wobei die Spule einen zweiten magnetischen Fluss erzeugt, mit dem der Anker betätigt wird.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Ablösung eines Ankers aus einer stabilen Endstellung zu vereinfachen.

[0012] Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die jeweilige Merkmalskombination eines unabhängig formulierten Patentanspruchs.

[0013] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine konstruktive Zerteilung eines Ankers eines Magnetaktors in einen inneren Anker und einen äußeren Anker, die gegeneinander axial beweglich sind, eine stufenweise Verringerung der Haltekräfte beim Ablösen aus einer stabilen Halteposition in der Endlage einer Schaltelektrode erzielt werden kann. So muss nicht bei einem Schaltvorgang eine enorme Energiemenge freigesetzt werden, um von einer sta-

bilen Endlage eines bistabilen Magnetaktors eine Aktuierung in die entgegengesetzte Richtung herbeizuführen.

[0014] In diesem Fall wird durch die Bewegung eines kleineren, inneren Ankers das magnetische Feld des größeren, äußeren Ankers geschaltet. Geschaltet werden auch die großen Haftkräfte, die in der Endlage wirksam sind, wenn beide, der innere und der äußere Anker, auf Anschlag sind. Die beim Ablösen der Bewegung des inneren Ankers folgende Bewegung des äußeren Ankers stellt die eigentliche Aktorbewegung dar. Der äußere Aktor ist über entsprechende mechanische Teile mit einer zu schaltenden Anlage verbunden.

[0015] Es ist besonders vorteilhaft, wenn der in den Figuren im Querschnitt dargestellte Magnetaktor insgesamt rotationssymmetrisch ausgebildet ist.

[0016] Da die zu aktuierende Mechanik mit dem äußeren Anker verbunden ist, kann der innere Anker ohne die zusätzliche Trägheit der restlichen Mechanik bewegt werden, was besonders schnell und mit wenig Energieaufwand erledigt werden kann.

[0017] Der Magnetaktor entsprechend der Erfindung erfüllt den Zweck, dass der innere Anker mit relativ geringem Aufwand an elektrischer Energie innerhalb des äußeren Ankers verschoben werden kann. Durch die Verschiebung wird das magnetische Feld, welches durch die am inneren Anker befestigten Permanentmagnete erzeugt wird, derart umgestellt, dass die Haltekraft zwischen äußerem Anker und Gehäuse/Joch stark vermindert wird. Der äußere Anker kann nun leicht, d. h. mit nur wenig elektrischer Energie vom Gehäuse getrennt werden.

[0018] Es ist besonders vorteilhaft, dass mit einem geringen Nutzstrom bzw. Steuerstrom eine Schaltung derart möglich ist, dass der Anker eines Aktors bistabil hin- und herbewegt werden kann.

[0019] Somit ist durch die Zweiteilung des Ankers auch eine Zweiteilung des Ablösevorganges aus einer stabilen Endposition verbunden. Insgesamt ist zur Ablösung des inneren Ankers eine geringe Energiemenge notwendig. Zur Ablösung des äußeren Ankers gilt Ähnliches, da der innere Anker bereits abgelöst ist und damit das wesentliche, durch die Permanentmagnete erzeugte Magnetfeld aufgebrochen ist.

[0020] Im Folgenden wird anhand von schematischen, die Erfindung nicht einschränkenden Figuren ein Ausführungsbeispiel beschrieben. Es zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) einen bekannten Magnetaktor **7** mit einem Gehäuse, welches ein Joch **1** darstellt, sowie einem darin beweglichen Anker,

[0022] [Fig. 2](#) einen Magnetaktor **7** entsprechend der Erfindung mit einem zweigeteilten Anker **21**, **22**,

[0023] [Fig. 3.1](#), [Fig. 3.2](#), [Fig. 3.3](#) in mehreren Stufen die Ablösung eines inneren Ankers **22** und des äußeren Ankers **21** aus der oberen bistabilen Endlage.

[0024] [Fig. 1](#) zeigt den Grundaufbau eines stabilen, elektromagnetischen Linearaktors mit Permanentmagnet **5**. Angedeutet sind ebenfalls Stromkreise zur Strommessung **6**, die jeweils auf der oberen Aktorspule **3** und auf der unteren Aktorspule **4** geschaltet sind. In diesem Fall würde zum Schalten des Aktors von der oberen in die untere Halteposition bzw. umgekehrt ein Aufbrechen von hohen Haltekräften in der vorherigen stabilen Halteposition notwendig sein. Hierzu wird die obere bzw. die untere Aktorspule entsprechend bestromt, sodass immer die gegenüberliegende Spule den Anker aus einer bistabilen Lage herauszieht. Das Magnetfeld der Permanentmagnete wird dabei zuerst überwunden.

[0025] Um die notwendige Leistung, die im Regelfall nicht direkt aus einem Netz entnommen werden kann, für die Ablösung des Ankers aus einer bistabilen Endposition zu reduzieren, wird entsprechend der Erfindung ein Magnetaktor **7** mit geteiltem Anker **21**, **22** beschrieben. Die in [Fig. 2](#) dargestellte Variante kann durch verschiedene Modifikationen abgewandelt werden und stellt lediglich ein einziges Ausführungsbeispiel dar.

[0026] [Fig. 2](#) zeigt insbesondere, dass ein etwa hohlzylinderförmiges Gehäuse, welches als Joch **1** dient, vorhanden ist, wobei beide geschlossenen Stirnseiten des hohlzylinderförmigen Gebildes einen zentralen Durchgang **8** aufweisen. Dieser dient zur Führung der Hubstange **9**, für die ein Hub erzeugt wird. Im Inneren des hohlzylinderförmig ausgebildeten Jochs **1** befindet sich ein zweiteiliger Anker, bestehend aus einem inneren Anker **22** und einem äußeren Anker **21**, die gegenseitig bewegbar sind. Dabei bewegt sich der innere Anker **22** relativ zum äußeren Anker **21** und der äußere Anker **21** ist axial zwischen zwei stabilen Endpositionen im Gehäuse beweglich. Dazu ist der äußere Anker im mittleren Bereich im Querschnitt doppelt-T-förmig ausgebildet und trägt den inneren Anker **22** zwischen zwei stirnseitigen Anschlagelementen der doppel-T-förmigen Konstruktion. Der ringförmige Anker **22** umschließt den äußeren Anker **21** und ist relativ zu diesem axial bewegbar. Der äußere Aktor **21** ist einstückig ausgebildet mit der axial ausgerichteten Hubstange **9**, welche in den Durchgängen **8** geführt wird. Die Permanentmagnete **5** sind am äußeren Umfang des inneren Ankers **22** angeordnet.

[0027] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, ist der äußere Anker **21** in der unteren Halteposition. Das heißt, die doppel-T-förmige Konstruktion liegt am unteren Ende des

Jochs **1** an. Der innere Anker **22** weist noch einen Spalt zum äußeren Anker **21** auf. Im Normalfall ist in diesem Schaltzustand der innere Anker **22** im Anschlag mit dem unteren Anschlagteil der doppel-T-förmigen Konstruktion.

[0028] Die obere Aktorspule **3** und die untere Aktorspule **4** werden, je nach Notwendigkeit, geschaltet, wobei im Prinzip die jeweils gegenüberliegende Aktorspule den Anker aus der gegenüberliegenden bistabilen Endlage ablöst und in Richtung auf die bestromte Spule beschleunigt. Ein zu erwartender Schaltvorgang in der Darstellung der [Fig. 2](#) würde darin bestehen, dass die obere Aktorspule **3** bestromt wird und ein Magnetfeld aufbaut. Dies würde einen Hub der Hubstange **9** zur Folge haben, der aus dem Gehäuse nach oben bzw. außen gerichtet ist.

[0029] Die [Fig. 3.1](#), [Fig. 3.2](#) und [Fig. 3.3](#) stellen eine Abfolge der Bestromung bei einer Hubbewegung der Hubstange **9** dar. Dargestellt sind jeweils die Aktoren **7**, die aus einem hohlzylinderförmigen Joch mit entsprechend darin geführtem, zweigeteilten Anker aufgebaut sind. Sichtbar ist weiterhin die obere Aktorspule **3** und die untere Aktorspule **4**. In [Fig. 3.1](#) ist die Bestromung gleich Null. In der [Fig. 3.2](#) ist die untere Aktorspule **4** bestromt. Gleiches gilt für die [Fig. 3.3](#), in der die untere Aktorspule **4** bestromt ist.

[0030] Von der [Fig. 3.1](#) bis zur [Fig. 3.3](#) ist somit ein Ablösevorgang des inneren und des äußeren Ankers aus der oberen, stabilen Endposition bis zum Status des abgelösten, inneren und äußeren Ankers dargestellt.

[0031] In [Fig. 3.1](#) ist dargestellt, dass die Haltekraft F_0 zusammengesetzt ist aus der Kraft F_1 zwischen dem äußeren Anker **21** und dem Joch **1** sowie der Kraft F_2 vom inneren zum äußeren Anker. Die obere und die untere Aktorspule sind stromlos und das Magnetfeld zum Halten des Ankers in der stabilen Position im oberen Bereich wird durch die Permanentmagnete **5** geliefert.

[0032] Die Darstellung entsprechend [Fig. 3.2](#) ist mit einer bestromten, unteren Aktorspule **4** verbunden, wobei der innere Anker **22** sich bereits vom oberen Teil der doppel-T-förmig ausgebildeten äußeren Ankers **21** gelöst hat. Der innere Anker **22** wandert, angezogen vom Magnetfeld der unteren Aktorspule **4**, entsprechend seiner Beweglichkeit, innerhalb des äußeren Ankers **21** nach unten bis er auf den unteren Anschlag des doppel-T-förmig ausgebildeten äußeren Ankers (**21**) trifft.

[0033] Ist entsprechend [Fig. 3.2](#) der innere Anker vom äußeren Anker gelöst, so wirkt lediglich als obere Haltekraft F_0 die Kraft F_1 zwischen äußerem Anker **21** und dem Joch **1**.

[0034] Hat entsprechend [Fig. 3.3](#) der innere Anker **22** an der unteren Seite des äußeren Ankers **21** aufgesetzt, so löst sich dieser äußere Ankers **21** aus der oberen, stabilen Position, sodass keine nach oben gerichtete Haltekraft F_0 mehr vorhanden ist.

[0035] Entsprechend [Fig. 3.3](#) weisen der innere Anker **22** und der äußere Anker **21** eine relative Positionierung auf, die bis zur unteren, stabilen Endstellung beibehalten wird. Beim Erreichen dieser stabilen Endstellung kann die Bestromung der unteren Aktorspule **4** aufgehoben werden und das Magnetfeld der Permanentmagneten **5** sorgt für die Fixierung in dieser stabilen Lage.

[0036] In [Fig. 3.1](#) ist die Grundkonfiguration zu sehen. Hier liegt kein Strom an. Der Magnetfluss des oder der Permanentmagnete **5** baut die Haltekraft sowohl zwischen innerem und äußerem Anker sowie auch zwischen äußerem Anker und dem Gehäuse bzw. dem Joch **1** auf. Die Haltekraft hält beispielsweise einen Leistungsschalter einer zu schaltenden Anlage, die über mechanische Stangen mit dem Magnetaktor verbunden ist. Somit lässt sich mit einem bistabilen Aktor genauso ein Schalter stabil in seinen Endlagen arretieren.

[0037] In [Fig. 3.2](#) wird gezeigt, wie ein angelegter Strom in einer entsprechenden Aktorspule zunächst die Haltekraft des inneren Ankers zum äußeren aufhebt. Der innere Anker **22** trennt sich vom äußeren Anker **21** und wird nach unten beschleunigt. Erst wenn er, wie in [Fig. 3.3](#) dargestellt, am unteren Ende des äußeren Ankers **21** anliegt, verliert dieser äußere Anker **21** auch die Haltekraft und wird nach unten beschleunigt. Die Bewegung des inneren Aktors hat damit den Fluss der Permanentmagnete vom oberen Haltepunkt aufgehoben und so die große Haltekraft des äußeren Ankers aufgehoben.

[0038] Der Kern der Erfindung liegt in der konstruktiven Teilung des Ankers in zwei Teile, einem inneren und einem äußeren Teil. Die zu aktiverende Mechanik, beispielsweise einer Schaltanlage, ist nur mit dem äußeren Anker **21** verbunden. Die Permanentmagnete sind dagegen am inneren Anker **22** befestigt. Der innere Anker hat mit dem äußeren Anker lediglich mechanischen und magnetischen Kontakt. Der äußere Anker wirkt mit dem Joch zusammen. Die Aufteilung des Ankers eines Magnetaktors in zwei Teile hat den wesentlichen Vorteil, dass der Anker mit wenig Energieaufwand zu schalten ist und dass diese Bewegung den Schaltvorgang oder Ablösevorgang aus einer stabilen Halteposition für den äußeren, größeren Anker ebenfalls vereinfacht. Die Umschaltung des Magnetflusses durch die anfängliche Bewegung des inneren Aktors **22** ermöglicht eine besonders schnelle und energieeffiziente Aktuierung des bistabilen Magnetaktors.

Patentansprüche

1. Magnetaktor (7) zur Erzeugung einer linearen Bewegung, umfassend:

- ein hohlzylinderförmiges, geschlossenes Gehäuse, welches ein Joch (1) darstellt, mit jeweils einem zentralen Durchgang (8) an jeder Stirnseite des Gehäuses, zur Führung einer Hubstange (9),
- einen zweigeteilten Anker mit einem äußeren und einem inneren Anker (21, 22), wobei
- der äußere Anker (21) einstückig mit der Hubstange (9), ausgebildet ist und über die Hubstange (9) mit einer zu schaltenden Anlage verbunden ist,
- der innere Anker (22), der den äußeren Anker (21) ringförmig im Bereich des Gehäuses zumindest partiell umschließt, einen inneren Querschnitt aufweist, so dass innerer und äußerer Anker (22, 21) axial relativ zueinander zwischen Anschlängen am äußeren Anker (21) bewegbar sind, und
- die Anschlüsse zur Fixierung des äußeren Ankers (21) in einer stabilen Lage im Gehäuse, am äußeren Ankers (21) vorhanden sind, und
- mindestens eine obere und mindestens eine untere Aktorspule (3, 4) zur jeweiligen Erzeugung eines Magnetfeldes zur Bewegung des Ankers in eine stabile Lage vorhanden sind.

2. Magnetaktor (7) nach Anspruch 1, wobei der Magnetaktor rotationssymmetrisch aufgebaut ist.

3. Magnetaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei durch die mechanische Verbindung zwischen Magnetaktor (7) zu einer Mittelspannungs-Schaltanlage eine jeweils stabile Endstellung einstellbar ist.

4. Magnetaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verschiebung zwischen dem äußeren und dem inneren Anker (21, 22) mit geringem Energieaufwand ausführbar ist.

5. Magnetaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einer stabilen Endlage sowohl die Kraft zwischen innerem und äußerem Anker wie auch die zwischen äußerem Anker und Gehäuse bzw. Joch durch das Magnetfeld der Permanentmagnete (5) aufgebaut ist.

6. Verfahren zum Betrieb eines Magnetaktors (7) nach einem der Ansprüche 1–5, wobei ein Schaltvorgang des Magnetaktors (7), ausgehend von einer stabilen Endlage des Ankers bei einer oberen und unteren Haltekraft (F_o , F_u) durch die Bestromung der jeweils gegenüberliegenden Aktorspule (3, 4) und dem Aufbau eines damit verbundenen Magnetfeldes eingeleitet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei Bestromung einer Aktorspule (3,

4) zunächst der innere Anker (22) vom äußeren Anker (21) getrennt wird und in Richtung auf die aktivierte Aktorspule beschleunigt wird und in einem zweiten Schritt, wenn der innere Anker (22) auf einem gegenüberliegenden Anschlag des doppel-T-förmig ausgebildeten äußeren Ankers (21) auftrifft, die Haltekraft des äußeren Ankers (21) am Joch (1) überwunden wird und dieser ebenfalls in Richtung auf die aktivierte Aktorspule (3, 4) beschleunigt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

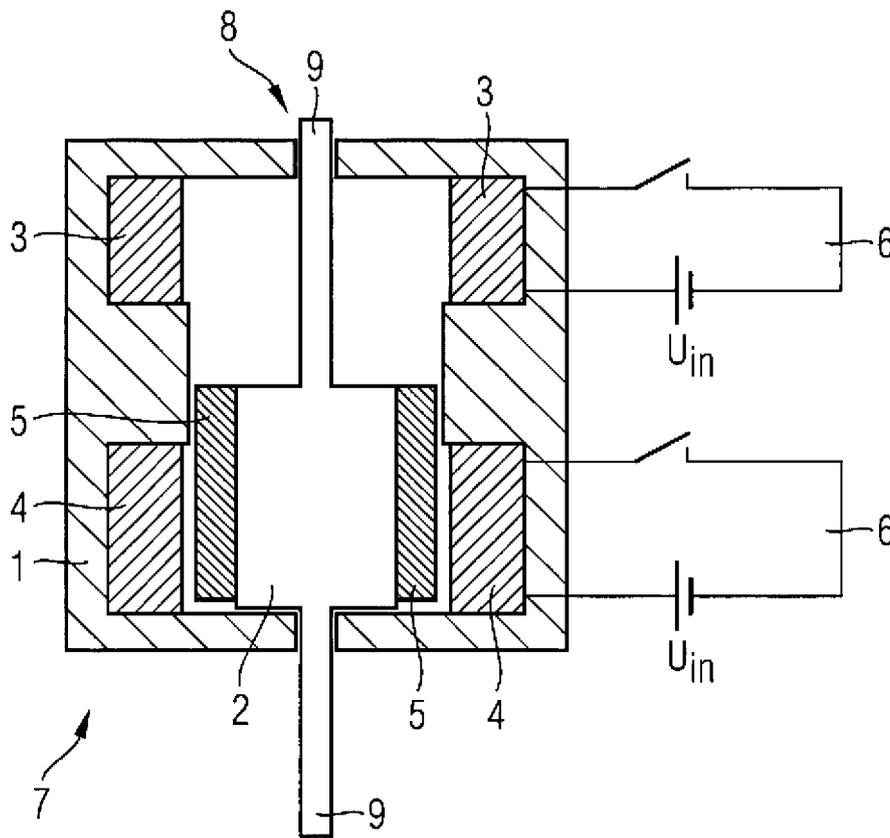


FIG 2

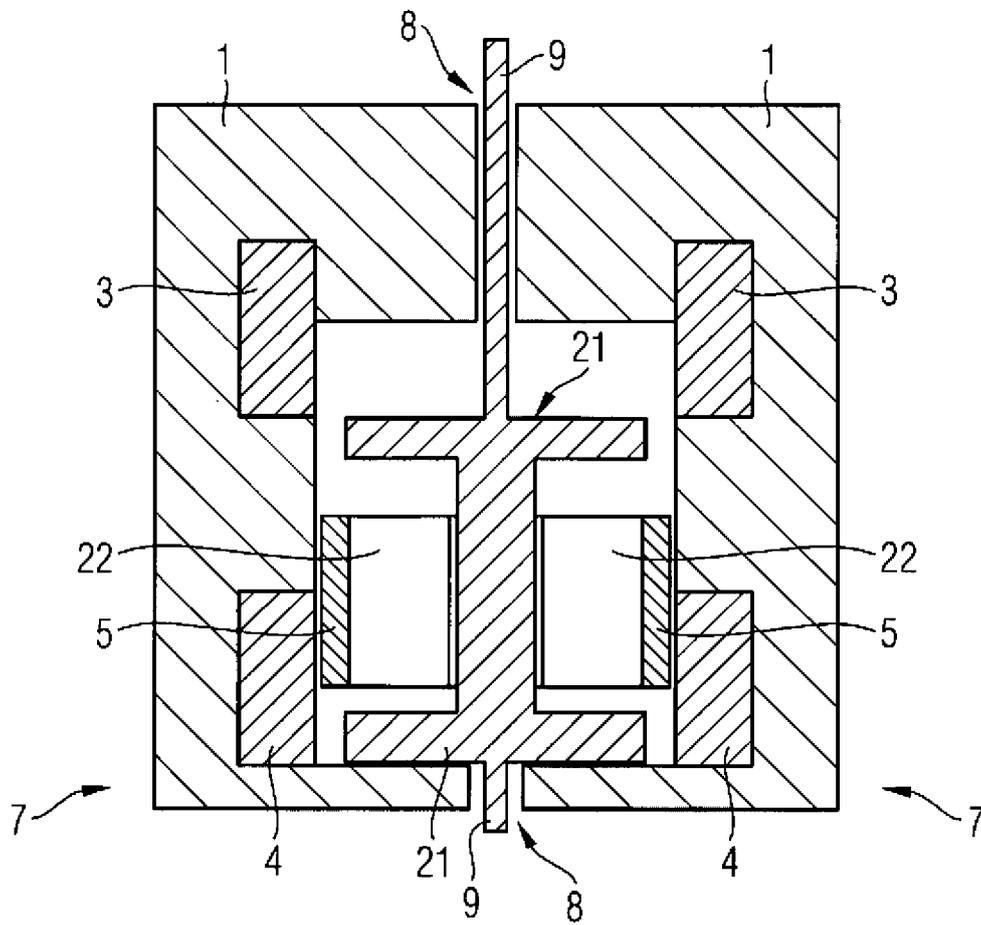
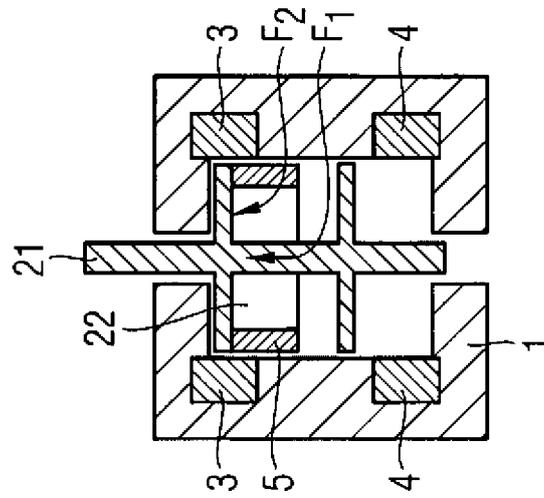
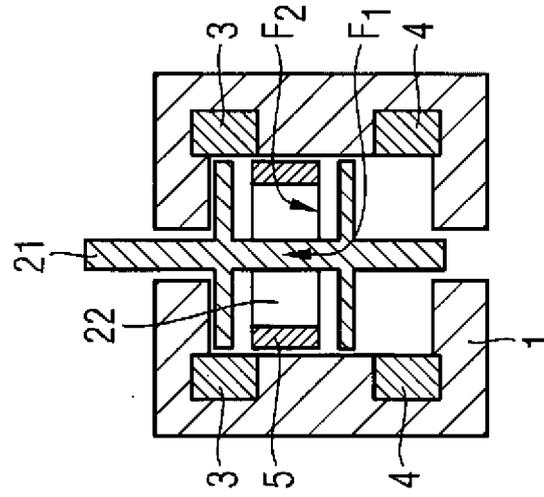


FIG 3.1



$$F_0 = F_1 + F_2$$

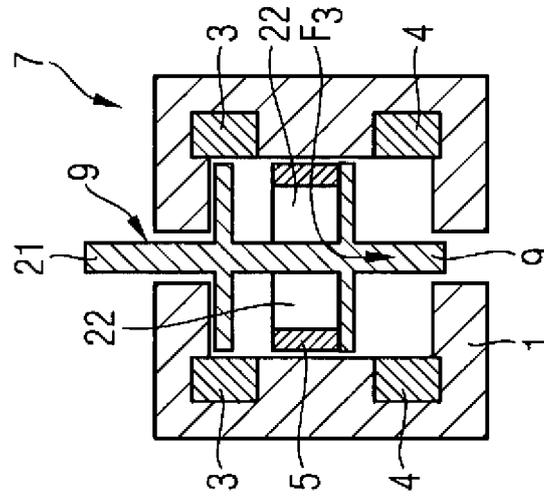
FIG 3.2



$$F_0 = F_1$$

$$F_2 = F_2$$

FIG 3.3



$$F_0 = 0$$